

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА  
РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР**

**Тема:** «Мультисервісна мережа міста»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Олексій ГНАТЕНКО  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олексій ЗУЄВ  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

**Київ 2023**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ ” 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Гнатенка Олексія Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Мультисервісна мережа міста»

затверджена наказом ректора від «29» березня 2023 р. № 421/ст

2. Термін виконання роботи: з 22.05.2023 р. по 25.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: телекомунікаційна мережа нового покоління, мультисервісна мережа міста

4. Зміст пояснювальної записки: вступ, огляд технологій використовуваних в мультисервісних мереж, особливості мереж нового покоління, мультисервісна мережа міста, висновки, список використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: мережа MPLS, схема мультисервісного рішення для мережі міста

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи	14.04.2023- 16.04.2023	Виконано
2	Вступ	17.04.2023	Виконано
3	Огляд технологій використовуваних в мультисервісних мереж	19.04.2023- 06.05.2023	Виконано
4	Особливості мереж нового покоління	07.05.2023- 19.05.2023	Виконано
5	Мультисервісна мережа міста	21.05.2023- 28.05.2023	Виконано
6	Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи	01.06.2023- 08.06.2023	Виконано

7. Дата видачі завдання: “19” травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Олексій ГНАТЕНКО

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Олексій ЗУСВ

(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Мультисервісна мережа міста» містить 51 сторінка, 8 рисунків, 8 використаних джерел.

МЕРЕЖА НОВОГО ПОКОЛІННЯ, МЕРЕЖЕВА ІНФРАСТРУКТУРА,  
МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА

Об'єкт дослідження – процес передачі інформації.

Предмет дослідження – інфраструктура мультисервісної мережі міста.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження принципів роботи та архітектури мультисервісних міських мереж.

Метод дослідження – аналіз, синтез, спостереження.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати при вивченні архітектури мультисервісних міських мереж.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	6
ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТОВУВАНИХ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ.....	8
1.1 Застосування мультисервісних мереж .....	8
1.2 Розвиток мереж наступного покоління.....	11
1.3 Технологія IP/MPLS .....	14
2. ОСОБЛИВОСТІ МЕРЕЖ НОВОГО ПОКОЛІННЯ.....	19
2.1 Розвиток телекомунікаційних мереж нового покоління .....	19
2.2 Архітектура мереж нового покоління .....	25
2.3 Управління та послуги .....	28
3. МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА МІСТА .....	33
3.1 Вибір технології реалізації мультисервісної мережі зв'язку .....	33
3.2 Вибір обладнання для мультисервісної мережі зв'язку .....	37
3.3 Багатосервісне рішення для мережі міста .....	41
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	51

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

NGN (Next Generation Network) – мережа наступного покоління

VPN (virtual private network) – віртуальна приватна мережа

MPLS (Multiprotocol Label Switching) – багатопротокольна комутація за мітками

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології

PSTN (Public Switched Telephone Network) – телефонна мережа загального користування

LSP (Language Server Protocol) – протокол мовного сервера

PON (Passive optical network) – технологія пасивних оптичних мереж

SDN (software-defined networking) – програмно-визначена мережа

QoS (Quality of service) – якість обслуговування

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасному світі, де зростає значущість технологій і цифрових рішень, розвиток мультисервісних мереж міста стає актуальною проблемою для великих міських агломерацій. Це пов'язано з постійним зростанням населення, розвитком інфраструктури, збільшенням обсягів даних та зростанням потреб в ефективному управлінні міськими ресурсами.

**Мета і завдання дослідження.** Виявлення можливостей для покращення ефективності мультисервісних мереж міста та впровадження інноваційних рішень.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі наукові завдання.

1. огляд технологій та рішень для розробки мультисервісної мережі;
2. аналіз інфраструктури та функціонування мереж міста;
3. визначення стратегій розвитку мультисервісних мереж міста, враховуючи потреби місцевих громад, новітні технології та вимоги сталого розвитку;
4. аналіз соціальних та економічних вигод від впровадження мультисервісних мереж.

**Об'єктом дослідження** – процес передачі даних мультисервісною мережею.

**Предметом дослідження** – мультисервісна мережа міста.

**Методи дослідження.** Аналіз, синтез, узагальнення, абстракція.

**Практичне значення отриманих результатів.** Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати при побудови мультисервісних мереж.

**Апробація отриманих результатів.** Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

Науково-практична конференція «проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2023 р.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТОВУВАНИХ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

### 1.1. Застосування мультисервісних мереж

Найбільш ефективно застосування мультисервісних мереж можуть знайти у традиційних телекомунікаційних операторів, які таким чином значно розширюють гамму послуг. для корпоративного ринку об'єднання всіх віддалених підрозділів у єдину мультисервісну мережу значно збільшує оперативність обміну інформацією, забезпечуючи доступність даних у час. завдяки можливості обмінюватися великими обсягами даних між офісами, можна влаштовувати селекторні наради та проводити відеоконференції з віддаленими підрозділами. усе це прискорює реакцію зміни, які у компанії, і забезпечує оптимальне управління усіма процесами у часі.

Мультисервісна мережа є універсальним багатоцільовим середовищем, призначеним для передачі мови, зображень і даних з використанням технології комутації пакетів (IP). вона відрізняється надійністю, характерною для телефонних мереж (на противагу негарантованій якості зв'язку через інтернет), і забезпечує низьку вартість передачі у розрахунку на одиницю обсягу інформації (що наближається до вартості передачі даних по інтернету). основне завдання мультисервісних мереж полягає в тому, щоб забезпечити роботу різноманітних інформаційних та телекомунікаційних систем та додатків в єдиному транспортному середовищі, коли для передачі і звичайного трафіку (даних), і трафіку іншої інформації (мовлення, відео тощо) використовується єдина інфраструктура .

Мультисервісна мережа відкриває безліч можливостей для побудови різноманітних накладених сервісів поверх універсального транспортного середовища від пакетної телефонії до інтерактивного телебачення та Web-сервісів.

Мережа нового покоління має такі особливості:

- Універсальний характер обслуговування різних додатків;



- незалежність від технологій послуг зв'язку та гнучкість отримання набору, обсягу та якості послуг;
- повна прозорість взаємин між постачальником послуг та користувачами.

Інтеграція трафіку різнорідних даних та мовлення дозволяє якісно підвищити ефективність інформаційної підтримки управління підприємством; при цьому використання інтегрованого транспортного середовища знижує витрати на створення та експлуатацію мережі. Мультисервісна мережа, використовуючи єдиний канал передачі різних типів, дає можливість зменшити різноманітність типів устаткування, застосовувати єдині стандарти і технології, централізовано керувати комунікаційним середовищем. Мультисервісні мережі підтримують такі види послуг, як телефонний та факсимільний зв'язок; виділені цифрові канали із постійною швидкістю передачі; пакетна передача даних (FR) з необхідною якістю сервісу; передача зображень, відеоконференцзв'язок; телебачення; послуги на вимогу (On-Demand); IP-телефонія; ширококутний доступ до інтернету; сполучення віддалених лвс, у тому числі працюючих у різних стандартах; створення віртуальних корпоративних мереж, що комутуються та керуються користувачем.

Слід зазначити, що мультисервісні мережі — це скоріш технологічна доктрина чи новий підхід до усвідомлення сьогоденної ролі телекомунікацій, заснований розумінні те, що комп'ютер і дані сьогодні виходять перше місце проти мовної зв'язком. Ця модель бізнесу, побудована на основі ширококутних мереж зв'язку наступного покоління, дозволяє надавати дуже широкий набір послуг та дає гнучкі можливості створювати їх, керувати ними та персоналізувати.

Основні відмінності таких мереж полягають у наступному:

- можливість передачі велику кількість користувачів у час великих обсягів інформації з необхідної синхронізацією і з використанням складних конфігурацій з'єднань;
- інтелектуальність (управління послугою, викликом та з'єднанням з боку користувача або постачальника сервісу, роздільна тарифікація та керування умовним доступом);

- інваріантність доступу (організація доступу до послуг незалежно від використовуваної технології);
- комплексність послуги (можливість участі кількох провайдерів у наданні послуги та поділ їхньої відповідальності та доходу відповідно до виду діяльності кожного).

Коло потенційних користувачів мультисервісних мереж дуже широке. Це, по-перше, бізнес-центри, фірми, які розташовані в одній будівлі. Корпоративним клієнтам необхідно безліч телефонних ліній, високошвидкісний доступ в інтернет, системи аудіо відеоконференцзв'язку, сигналізації та телеметрії. Це також великі холдинги, що мають територіально віддалені філії та підрозділи, це компанії, які використовують віддалені автоматичні термінали (банкомати, торгові автомати). Це системи телемедицини різного рівня та компанії мобільного зв'язку, розподілені офіси, комутаційні центри та базові станції яких також можуть підключатися до єдиної мультисервісної мережі.

Базовими поняттями для мультисервісних мереж виступають QoS (Quality Of Service) та SLA (Service Level Agreement), тобто якість обслуговування та угода про рівень (якість) надання послуг мережі. перехід до нових мультисервісних технологій змінює саму концепцію надання послуг, коли якість гарантується не лише на рівні договірних угод з постачальником послуг та вимог дотримання стандартів, а й на рівні технологій та операторських мереж.

Архітектурно у структурі мультисервісної мережі можна виділити кілька основних рівнів: магістральний, рівень розподілу та агрегування та рівень доступу. Магістральний рівень є універсальною високошвидкісною і по можливості однорідною платформою передачі інформації, реалізованою на базі цифрових телекомунікаційних каналів. рівень розподілу включає вузлове обладнання мережі оператора, а рівень агрегування виконує завдання агрегації трафіку з рівня доступу та підключення до магістральної (транспортної) мережі. рівень доступу включає корпоративні або внутрішньобудинкові мережі, а також канали зв'язку, що забезпечують їх підключення до вузлів розподілу мережі.

Мультисервісні мережі можна будувати на базі різних технологій, як на платформі IP (IP VPN), так і на основі виділених каналів зв'язку. На магістральному рівні найпопулярнішими сьогодні є технології IP/MPLS, Packet over SONET/SDH, POS, ATM, xGE, DWDM, CWDM, RPR. Більшість магістральних мультисервісних мереж сьогодні будується на основі технологій POS, DWDM, які набули помітного поширення, а також IP/MPLS, які вважаються особливо перспективними при значній широті охоплення і великій кількості споживачів [1].

## **1.2. Розвиток мереж наступного покоління**

Традиційні телекомунікації, такі як PSTN (комутована телефонна мережа загального користування) і PLMN (сухопутна мережа мобільного зв'язку загального користування), і Інтернет-технології розвивалися паралельно протягом кількох останніх десятиліть двадцятого століття. Однак вибір Інтернету як єдиної технології комутації пакетів для світу ІКТ (інформаційно-комунікаційних технологій) підняв потребу в стандартизованій інтеграції різних архітектур, концепцій, підходів і послуг, які можна знайти в обох типах телекомунікацій, традиційних каналах -комутована телефонія та телевізійне мовлення з одного боку, і найкращий Інтернет з іншого боку. Такі зусилля призвели до початку процесу стандартизації так званих мереж наступного покоління (NGN) у першому десятилітті двадцять першого століття, стандартизованого в рамках ІТУ (Міжнародного союзу електрозв'язку) як найбільшої організації ІКТ у світі, яка надає світові широка гармонізація в телекомунікаціях.

Згідно з визначенням NGN, наданим ІТУ, NGN – це мережа на основі пакетів, яка здатна надавати телекомунікаційні послуги користувачам і використовувати численні широкосмугові транспортні технології з підтримкою QoS (якість обслуговування), і в якій сервіс-пов'язані функції не залежать від основних транспортних технологій. Це забезпечує безперешкодний доступ для користувачів до мереж і до конкуруючих постачальників послуг і послуг на їх вибір. Він підтримує загальну мобільність, що дозволяє узгоджено та повсюдно надавати послуги користувачам [2].

З огляду на таке, визначення NGN є необмеженим і може охоплювати різні мережі, поточні та майбутні, а також різні послуги. Початкова рекомендація ІТУ-Т (Міжнародний союз електрозв'язку – Телекомунікації) щодо NGN вказала ключовий фактор, який вплинув на розвиток NGN, такий як конкуренція між операторами через дерегуляцію ринків телекомунікацій, експоненціальне зростання цифрового трафіку через використання Інтернету, що збільшило попит і можливості для мультимедійних послуг, збільшення попиту на мобільність і проникнення мобільних мереж у всьому світі (паралельно з ростом Інтернету), конвергенцію мереж і послуг і так далі. Загалом, розвиток телекомунікацій почав йти в інформаційно-центричному напрямку мереж. Це надихнуло ідеї для загальної інформаційної інфраструктури (GII), яка забезпечила основу NGN.

З початку двадцять першого століття ринки телекомунікацій (тобто ІКТ) швидко змінюються. Є два основні рушійні сили та багато більш-менш значущих. Найважливіші драйвери:

- Розвиток мобільних мереж і експоненціальне зростання кількості мобільних користувачів у всьому світі, тож можна сказати, що сьогодні майже кожна людина на Землі має мобільний пристрій (принаймні один);
- Розвиток Інтернету як єдиної «вцілілої» технології комутації пакетів у всьому світі та експоненціальне зростання кількості користувачів Інтернету, тому можна очікувати, що кожна людина на Землі має або матиме доступ до глобальної мережі Інтернет.

Традиційні телекомунікаційні оператори, які базувалися на послугах фіксованого зв'язку, таких як телефонія через PSTN, виявили свій бізнес під тиском із розвитком мобільних мереж та Інтернету. У глобальному масштабі зіткнулися дві різні комерційні моделі: комерційна модель телекомунікацій з одного боку та комерційна модель Інтернету з іншого боку.

Традиційна комерційна модель телекомунікацій базується на традиційних підписках користувачів на послуги (наприклад, телефонії, телебачення та даних) та інноваціях, заснованих на міжнародних угодах. Основними рушійними силами телекомунікаційної моделі були телекомунікаційні компанії та постачальники

телекомунікацій, тому окремі особи чи групи не могли мати прямий вплив на інновації певних нових технологій.

З іншого боку, модель Інтернет-комерції з самого початку більш різноманітна і не базується лише на підписках користувачів на певні послуги (наприклад, веб-портал). Натомість Інтернет-модель використовує різні бізнес-моделі та генерує доходи з різних джерел (наприклад, маркетинг в Інтернеті). Але ця Інтернет-модель не дуже відрізняється від телевізійної комерційної моделі, у якій телепрограми пропонуються користувачам безкоштовно разом із рекламою.

Таким чином, єдиним рішенням для об'єднання двох світів, світу традиційних телекомунікацій та світу Інтернету, є конвергенція до єдиної мережевої платформи для всіх різноманітних послуг (існуючих і майбутніх), яка в усьому світі визнана заснованою на IP (Інтернет-протокол) платформа. Її стандартизована форма фактично є NGN.

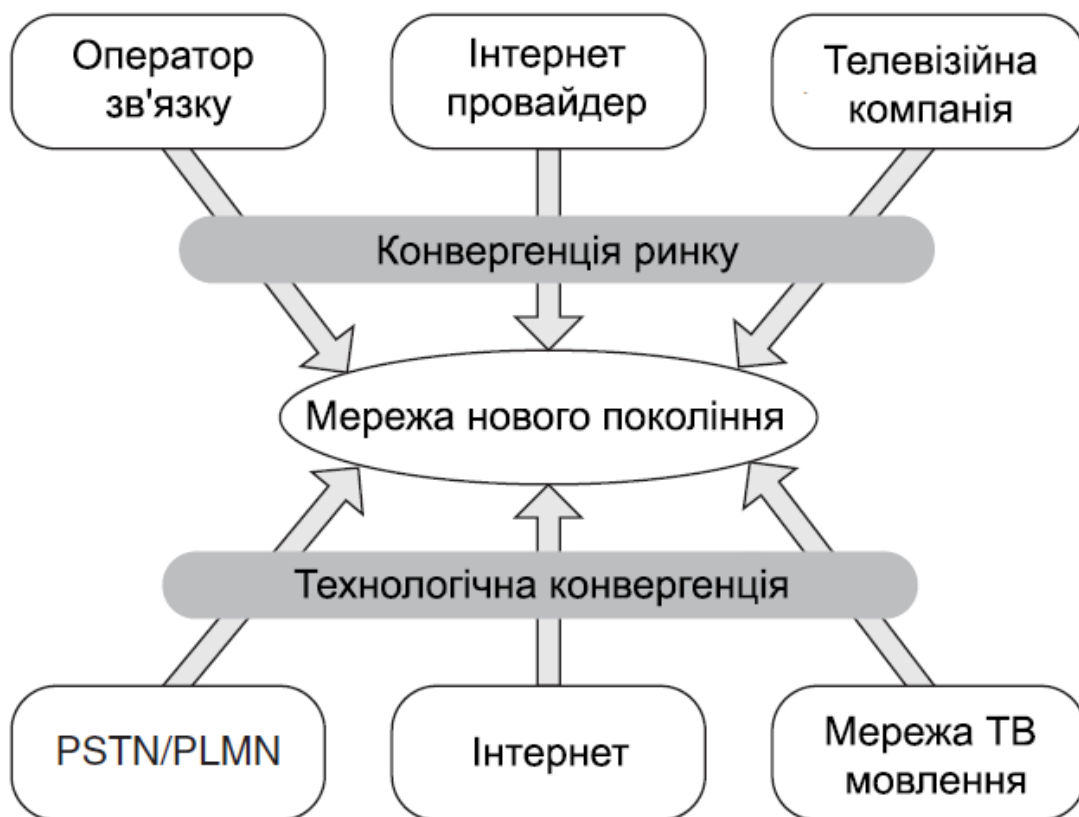


Рис. 1.2. Рушійні сили NGN

Підсумовуючи, окремі рушійні сили для NGN (рис. 1.2) можна розділити на кілька груп (але не обмежуючись ними), наприклад: розвиток широкосмугового доступу до Інтернету, включаючи фіксований широкосмуговий і мобільний широкосмуговий доступ, конвергенція ринків ІКТ до Інтернету, технологічні конвергенція до мереж і послуг на основі IP, вимоги до наскрізного забезпечення QoS в Інтернеті, а також перехід мереж PSTN, PLMN і телевізійного мовлення в середовище Інтернету.

### **1.3. Технологія IP/MPLS**

Багатопротокольна комутація по мітках (MPLS) — це перевірена та справжня мережева технологія, яка вже більше двох десятиліть працює в корпоративних мережах. На відміну від інших мережевих протоколів, які маршрутизують трафік на основі адрес джерела та призначення, MPLS маршрутизує трафік на основі заздалегідь визначених «міток».

Підприємства використовують MPLS для підключення віддалених філій, яким потрібен доступ до даних або додатків, які знаходяться в центрі обробки даних або в штаб-квартирі компанії.

За допомогою MPLS перший раз, коли пакет потрапляє в мережу, йому призначається певний клас обслуговування пересилання (CoS), також відомий як клас еквівалентності пересилання (FEC), який позначається додаванням короткої послідовності бітів (мітки) до пакет. Ці класи часто вказують на тип трафіку, який вони несуть. Наприклад, компанія може позначити класи в реальному часі (голос і відео), критично важливі (CRM, вертикальна програма) і найкращі зусилля (Інтернет, електронна пошта). Кожна заявка буде розміщена в одному з цих класів.

Найшвидший шлях із низькою затримкою зарезервується для додатків у реальному часі, таких як голос і відео, що гарантуватиме високу якість. Розділення трафіку на основі продуктивності неможливо здійснити за допомогою інших протоколів маршрутизації.

Ключовим моментом архітектури є те, що мітки забезпечують спосіб прикріплення додаткової інформації до кожного пакету понад те, з чим раніше доводилося працювати маршрутизаторам.

MPLS не вписується акуратно в семирівневу ієрархію OSI і іноді класифікується як рівень 2.5. Фактично, однією з ключових переваг MPLS є те, що він відокремлює механізми пересилання від основної служби каналу передачі даних. Іншими словами, MPLS можна використовувати для створення таблиць пересилання для будь-якого основного протоколу.

Зокрема, маршрутизатори MPLS встановлюють шлях з комутацією міток (LSP), попередньо визначений шлях для маршрутизації трафіку в мережі MPLS на основі критеріїв у FEC. Пересилання MPLS може відбуватися лише після встановлення LSP. LSP є односпрямованими, що означає, що зворотний трафік надсилається через інший LSP.

Коли кінцевий користувач надсилає трафік у мережу MPLS, вхідний маршрутизатор MPLS, розташований на межі мережі, додає мітку MPLS.

Переваги MPLS полягають у масштабованості, продуктивності, кращому використанні пропускної здатності, зменшеному перевантаженні мережі та кращому досвіді кінцевого користувача.

MPLS сам по собі не забезпечує шифрування, але це віртуальна приватна мережа, яка, як така, відокремлена від публічного Інтернету. Тому MPLS вважається безпечним транспортним способом. І він не вразливий до атак на відмову в обслуговуванні, які можуть вплинути на мережі на основі чистого IP [3].

З іншого боку, з'єднання MPLS набагато дорожче, ніж стандартне підключення до Інтернету. Крім того, MPLS розроблено для організацій, які мають кілька віддалених філій, географічно розосереджених по всій країні чи світі, де більшість трафіку спрямовується до корпоративних центрів обробки даних. Сьогодні компанії перенаправляють значну частину свого трафіку, замість цього він спрямовується до хмарних провайдерів і від них, що робить MPLS неоптимальним.

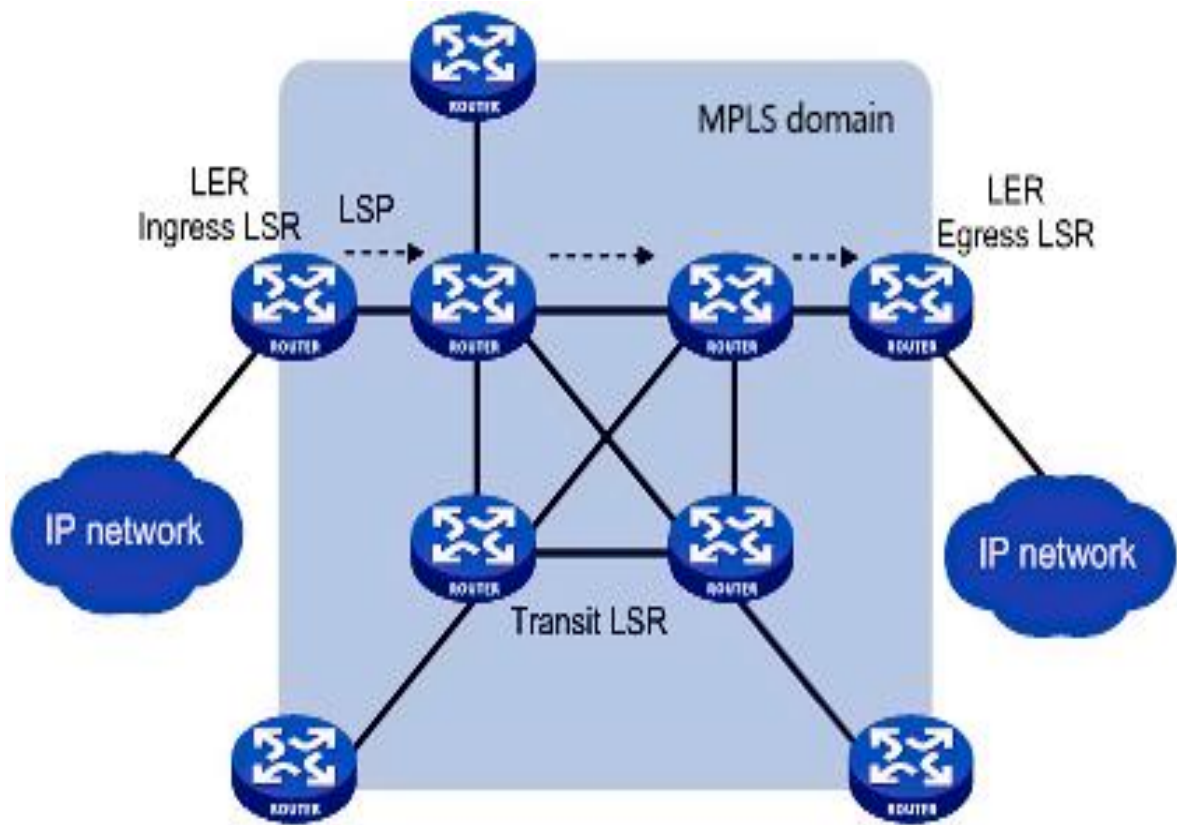


Рис. 1.1. Мережа MPLS

Основним компонентом мережі MPLS є маршрутизатор з комутацією міток (LSR). Вхідний маршрутизатор із MPLS позначатиме пакети даних (поштові пакети) при вході в мережу (поштове відділення), тому маршрутизатори (поштові працівники) точно знатимуть, куди йдуть дані, не відкриваючи пакет знову і знову. Транзитний маршрутизатор у домені MPLS передає пакет на вихідний LER відповідно до мітки вздовж шляху комутації міток (LSP), що складається з серії LSR. Нарешті, вихідний маршрутизатор, який знаходиться на виході, відповідає за видалення мітки з пакета та пересилання його до пункту призначення. Одним словом, транзитний маршрутизатор перемикає пакет даних відповідно до прикріпленої мітки, а вихідний і вхідний маршрутизатори працюють для перетворення між технологією MPLS і IP.

Переваги використання MPLS:

По-перше, з точки зору вартості, це економічно вигідне рішення. Багатопротокольна комутація рівнів (MPLS) — це надзвичайно масштабований механізм для високопродуктивних телекомунікаційних мереж, який дозволяє



розширити взаємозв'язок вашої мережі з мінімальним додаванням апаратного забезпечення. Мережа MPLS використовує зв'язок через мережу на базі хмари, коли кожен вузол підключається до хмари MPLS постачальника мережі, що дозволяє додавати нові віддалені з'єднання без вимог до додавання обладнання на вашому основному сайті.

По-друге, якщо розглядати продуктивність. Він надає альтернативні мережеві шляхи для збільшення часу безвідмовної роботи та зменшення перевантаження мережі. Це також дозволяє проходити мережею декілька типів трафіку, покращуючи використання пропускної здатності та покращити роботу кінцевого користувача, дозволяючи декілька класів послуг для різних типів трафіку, наприклад VOIP.

По-третє, однією з найбільш помітних переваг MPLS є те, що він застосовний до будь-якого протоколу мережевого рівня. Він підтримує передачу через Інтернет-протокол (IP), Ethernet, асинхронний режим передачі (ATM) і ретрансляцію кадрів; будь-який із цих протоколів можна використовувати для створення LSP.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Коло потенційних користувачів мультисервісних мереж дуже широке: бізнес-центри, фірми, які розташовані в одній будівлі. Корпоративним клієнтам необхідно безліч телефонних ліній, високошвидкісний доступ в інтернет, системи аудіо відеоконференцзв'язку, сигналізації та телеметрії, великі холдинги, що мають територіально віддалені філії та підрозділи, компанії, які використовують віддалені автоматичні термінали (банкомати, торгові автомати).

Мультисервісні мережі можна будувати на базі різних технологій, як на платформі IP (IP VPN), так і на основі виділених каналів зв'язку. На магістральному рівні найпопулярнішими сьогодні є технології IP/MPLS, Packet over SONET/SDH, POS, ATM, xGE, DWDM, CWDM, RPR. Більшість магістральних мультисервісних мереж сьогодні будується на основі технологій POS, DWDM, які набули помітного поширення, а також IP/MPLS, які вважаються особливо перспективними при значній широті охоплення і великій кількості споживачів.

На відміну від інших мережевих протоколів, які маршрутизують трафік на основі адрес джерела та призначення, MPLS маршрутизує трафік на основі заздалегідь визначених «міток». Підприємства використовують MPLS для підключення віддалених філій, яким потрібен доступ до даних або додатків, які знаходяться в центрі обробки даних або в штаб-квартирі компанії.

Переваги MPLS полягають у масштабованості, продуктивності, кращому використанні пропускну здатності, зменшеному перевантаженні мережі та кращому досвіді кінцевого користувача.

## РОЗДІЛ 2

### ОСОБЛИВОСТІ МЕРЕЖ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

#### 2.1. Розвиток телекомунікаційних мереж нового покоління

В даний час технологічна конвергенція дозволила поступову інтеграцію різних типів гетерогенних мережевих інфраструктур, які здатні пропонувати додаткові послуги, а також гарантувати якість обслуговування (QoS), що надається транспортним рівнем. Цей тип відповідної конвергенції був названий мережею наступного покоління (NGN). Однак такий безперервний технологічний зсув змушує нас задуматися про тип мережевої архітектури, з якою ми стикаємося, а саме про дещо незвичайну архітектуру, в якій сервіси відіграють фундаментальну роль. В останнє десятиліття ця філософія проектування мережі, орієнтована на послуги, сприяла використанню багаторазових компонентів для ефективної підтримки безперервних служб, які працюють з використанням різних типів мереж. З цією метою було створено низку інтерфейсів високого рівня, щоб гарантувати успішне розгортання так званої моделі сервіс-орієнтованої архітектури (SOA).

Еволюція комунікаційних мереж, від традиційних мереж до NGN, спиралася на відповідну конвергенцію програм і послуг. У межах NGN мультимедійні послуги мають бути безпечними та доступними з будь-якої мережі за допомогою будь-якого типу настільного або мобільного терміналу; що можливо завдяки використанню єдиної транспортної мережі. Для досягнення цих цілей існує консенсус щодо використання IP-маршрутизаторів на основі MPLS для виконання процесів тегування, а також диференціації трафіку [4]. Проте деякі інші аспекти все ще потрібно враховувати при спробі визначити NGN, а саме мережеву архітектуру, мережеве керування та мережеву мобільність (що регулює поточні IP-мережі).

Для встановлення повного контексту, який дозволяє чітко зрозуміти тенденції NGN, цей документ організовано таким чином: Концепція, надана ITU1 щодо мереж нового покоління, представлена як відправна точка; згодом пояснюється структурна

та функціональна архітектура таких мереж. Потім обговорюється нещодавно прийнятий підхід до управління та послуг, щоб остаточно проаналізувати концепцію мобільності.

Відповідно до того, що було встановлено ІТУ щодо NGN, можна стверджувати, що конкретна NGN є мережею на основі пакетної передачі, яка здатна пропонувати інтегровані послуги (включаючи традиційні телефонні послуги), а також здатна повністю використовувати доступну смугу пропускання каналу через використання технології якості обслуговування (QoS), щоб транспортування пакетів успішно здійснювалося незалежно від інфраструктури мережі. Крім того, ця мережа пропонує необмежений доступ для користувачів з різних телефонних компаній, а також підтримує мобільність, дозволяючи користувачам багатоточковий доступ.

При аналізі попереднього визначення NGN можна виявити наступні фундаментальні особливості:

- Транспортна площина має базуватися на технології комутації пакетів IP/MPLS
- Існує розділення між послугами та технологіями транспортної мережі (відокремлення доступу та послуг)
- Необхідно підтримувати широкий спектр послуг, програм і механізмів різного характеру, а саме послуги в режимі реального часу, не в режимі реального часу, потокові, мультимедійні послуги тощо.
- Необхідно гарантувати наскрізний широкосмуговий доступ, включаючи якість обслуговування (QoS).
- Традиційні мережі повинні перейти або ж забезпечити взаємодію за допомогою відкритих інтерфейсів і стандартних протоколів
- Наявність генералізованої рухливості
- Користувачам необхідно надати необмежений доступ до різних постачальників послуг
- Користувачі повинні розуміти, що одні й ті самі служби мають уніфіковані функції
- Повинна існувати конвергенція фіксованого та мобільного зв'язку (FMC) щодо послуг

- Мережа повинна підтримувати кілька технологій «останньої милі», а також різні типи мереж доступу
- Має бути повна відповідність усім стандартним вимогам щодо безпеки, конфіденційності, екстреного зв'язку, законного перехоплення тощо.

Після аналізу вищезазначених концепцій і особливостей, а також для того, щоб краще зрозуміти обґрунтування загальної концепції NGN, можна помітити, що перша частина визначення стосується різновиду потоку інформації на основі пакетів, який відбувається в межах Інтернет незалежно від версії IP-протоколу. Це дозволяє та певною мірою змушує розробників використовувати протокол IP для своїх творінь, щоб вижити в залежному від Інтернету середовищі, що передбачає відновлення для протоколу IP з точки зору загальної обізнаності.

Другий фундаментальний аспект полягає у визначенні великої різноманітності обладнання, яке об'єднується в одній мережі, що робить необхідним співіснування протоколів і ставить управління трафіком як вирішальний фактор, оскільки ізольовані конфлікти спричиняють загальне перевантаження мережі.

Таким чином, проблеми, пов'язані з артикуляцією нових послуг та інтеграцією послуг, що підтримуються традиційними мережами, відволікають концепцію QoS на аспекти, які стосуються транспортного рівня та рівня каналу даних, зокрема на принципи інкапсуляції.

Щоб досягти надійного підключення з точки зору транспортування, було вирішено використовувати протокол IP, щоб гарантувати тип загального підключення, який стає загальним, повсюдним і глобальним. Такий протокол можна легко транспортувати через різні основні технології доступу, а також через різні основні технології транспортного рівня (наприклад, xDSL, ATM, MPLS, повторна передача кадрів, OTN) відповідно до середовища конкретного постачальника послуг.

Що стосується попереднього обговорення, важливо включити аспекти підключення, які підтримують IPv4, IPv6, зв'язок у реальному часі, з'єднання «один до одного» та з'єднання «один до багатьох». З іншого боку, за умови, що основною метою NGN є допуск послуг і програм незалежно від мережевих технологій доступу, ці мережі також повинні підтримувати будь-яку мережу користувача незалежно від

рівня складності конфігурації. Тобто мережа NGN призначена для обробки функціональних початкових процесів кінцевого користувача, які стосуються доступу до послуг і управління адресним простором.

Використовуючи переваги IPv6, можна підтримувати не лише розширення адресного простору, але й різноманітні вдосконалені функції, які впливають на функції мережі NGN, а також на продуктивність відповідних функціональних об'єктів. Це сприяє додатковій гнучкості під час впровадження нових послуг/додатків за допомогою комбінацій заголовків розширення та опції.

Серед аспектів сигналізації можна виділити рекомендацію H-323 (системи мультимедійного зв'язку на основі пакетів). Ця рекомендація стосується того, як ПК-телефони або існуючі звичайні телефони можуть бути належним чином підключені (за допомогою адаптерів) до пакетних мереж і таким чином взаємодіяти з комутованими телефонними мережами загального користування за допомогою шлюзів.

Рекомендація H.323 є частиною більшої серії стандартів і правил, призначених для полегшення відеоконференцій у різноманітних мережах. Серія стандартів, широко відома як H.32X, включає такі рекомендації, як H.320 для вузькосмугових ISDN (N-ISDN), H.321 для широкосмугових ISDN (B-ISDN) і H.324 для загальних комутованих телефонних мереж (GSTN).

Рисунок 1 ілюструє серію протоколів H.323.

Аудіо	Відео	Дані	Керування інтерфейсом користувача		
G.711	H.261	T.120	H.225		
G.722	H.263				
G.723			Моніторинг дзвінків	RAS	Контроль H.245
G.728					
RTP/RTCP					
UDP		UDP o TCP			
IP					
Варіації нижніх шарів					

Рис. 2.1. Протоколи серій-H.323

За умови збереження та безперервності протоколу IP, варто зазначити, що поточна еволюція мереж NGN, пов'язана з протоколом, підтримує будь-яку роботу на основі IPv6. Це дозволяє вирішити певні питання оптимізації з точки зору маршрутизації, особливо при використанні технологій NEMO, які пропонують збільшену пропускну здатність і кращу масштабованість мережевих послуг.

Оптоволоконні послуги все більше проникають у повсякденну діяльність і бізнес. Таким є випадок Японії, де повна оптико-волоконна інфраструктура вже працює, а домашні послуги доступу до Інтернету (FTTH), а також послуги розповсюдження відео надаються на основі таких технологій, як PON і G-PON. Переваги інфраструктури такого типу включають менші витрати, більшу доступність смуги пропускання та подальше скорочення витрат на обслуговування мережі [5].

Розроблена еволюція, яку зазнали великі мережі, фізичний рівень яких раніше покладався на мідь, а тепер покладається на оптичне волокно, дозволяє належним чином перейти IP-мережі з комутації каналів на комутацію пакетів. Це призводить до

того, що кінцевим користувачам (домашнім або корпоративним) потрібна більша пропускна здатність, особливо в сільській чи приміській місцевості, що тягне за собою вдосконалення архітектури в межах NGN на рівні доступу, а також кращу організацію постачальників телекомунікаційних послуг.

Подібно до того, як слід розглядати еволюцію від міді до волокна, особливу увагу слід приділити бездротовим мережам. Ці мережі зараз широко впроваджені та відіграють важливу роль у всій концепції мобільності NGN. Таким чином, необхідно забезпечити високі швидкості передачі з малими зонами конвергенції та низькою вартістю. Цю проблему було вирішено та врегульовано шляхом впровадження стандартів мобільного зв'язку 4G, де має бути надано рішення для різних конвергентних технологій. Рішення також стосуються підтримки існуючих служб. Короткий опис цих аспектів і пов'язаних з ними функцій можна знайти в.

При уважному розгляді того, що було названо Web 2.0, а також так званої SOA, можна легко знайти характерні елементи, пов'язані з NGN. Такі елементи в основному призначені для задоволення потреб користувачів і полегшення обміну знаннями (більше, ніж просто обмін інформацією про об'єкти). У рамках цих основних цілей соціальні спільноти представляють собою найбільш привабливу функцію для постачальників послуг Інтернету, сприяючи зміні парадигми з точки зору попиту на послуги та поширюючи на інші аспекти, такі як адаптивність, контекстуалізація та налаштування послуг; ці елементи можна легко інтегрувати лише в реальну NGN.

Також важливо згадати аспекти, пов'язані з процесом міграції від традиційних мереж до мереж IP, як зазначено в, де деякі з найбільш відповідних факторів включають витрати на обслуговування традиційної мережі, розвиток VoIP і поточний ринок мультимедійних послуг. Представлено три альтернативи, які будуть реалізовані або взаємовиключним способом, або як комбінація стратегій залежно від масштабу фінансових інвестицій постачальників послуг.

Альтернативи:

- 1) Повна заміна традиційних мереж NGN на основі IP;



- 2) Перекриття NGN на попередні мережі з урахуванням проблем зі шлюзом, які можуть виникнути;
- 3) Поступова міграція, яка залежить від існуючої інфраструктури на рівні доступу, використовуючи переваги комутаторів, а також мультиплексування з тимчасовим розподілом (TDM).

Однак, не завершивши повного розвитку як концепцій, так і технологій, які дозволяють чітко визначити NGN, уже висувається новий термін, а саме NWGN. Пропозиція охоплює п'ять основних частин і, загалом, об'єднує низку умов, які дозволяють краще планувати та проектувати нещодавно розроблені мережі, а також майбутні мережі.

## 2.2. Архітектура мереж нового покоління

На рис. 2.2 показано типові компоненти мереж нового покоління, де можна спостерігати чотири основні рівні, а саме:

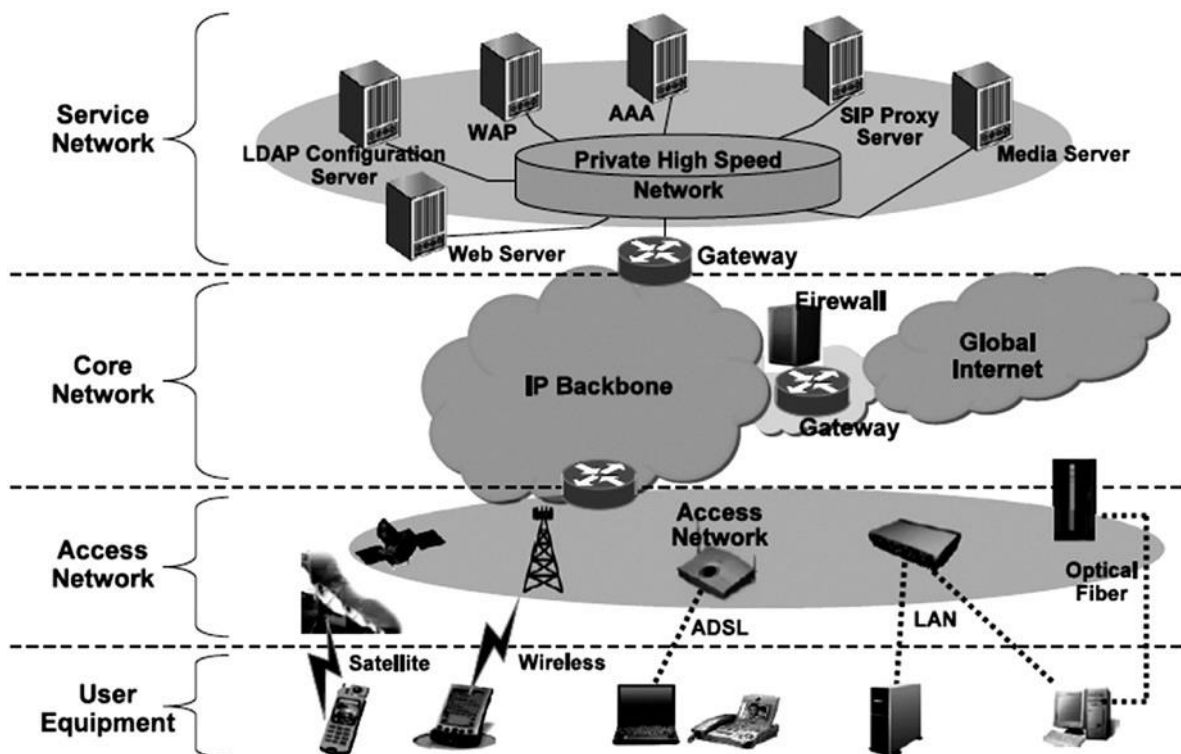


Рис. 2.2. Компоненти NGN

Мережеві послуги (Service Network): цей рівень стосується надання користувачам послуг і програм. Рівень складається з серії серверів, які гарантують, що мережа дійсно пропонує типи рішень, очікуваних кінцевими користувачами, напр. веб-сервери, сервери авторизації (AAA) і керування, проксі-сервери, сервери конфігурації LDAP і g-сервери автентифікації (сервер WAP).

Основна мережа (Core Network): головним чином представлена основою мережі, пов'язаною з традиційними мережами та тими мережами, які з'явилися завдяки технологічному прогресу, цей рівень концентрує всю транспортну інформацію, яка може існувати між різними об'єктами мережі. Рівень в основному відповідає за передачу пакетів, а також за функції управління та контролю.

Мережа доступу (Access Network): важливість цього рівня полягає в необхідності підключення до різних технологій доступу. Рівень допускає співіснування різних технологічних засобів і відокремлює ядро мережі від обладнання користувача.

Обладнання користувача (User Equipment): цей рівень складається з усього обладнання, яке використовується користувачами для доступу до мережі. Рівень підтримує широкий спектр протоколів і технологій, призначених для отримання послуг та програм з мережі.

Функції цієї архітектури розділені на два великі рівні, а саме сервіс і транспорт. Функції рівня обслуговування пропонують підтримку як сеансових, так і несеансових служб. Ці функції включають подальшу підтримку підписок і повідомлень; так само вони пропонують методи обміну повідомленнями. Характеристики функцій управління та адміністрування в межах конкретної NGN включені до транспортного рівня; цей рівень гарантує правильну конфігурацію, автентифікацію та безпеку обладнання кінцевого користувача, настільного або мобільного.

Деякі з найбільш актуальних характеристик мереж NGN включають концепцію загальної мобільності, тобто здатність користувачів або інших мобільних об'єктів спілкуватися з іншими та мати доступ до послуг незалежно від змін розташування чи будь-яких змін у технічному середовищі. . Концепція мобільності бездротової мережі

розширена та застосована до окремих об'єктів, які можуть спілкуватися незалежно від місця та служби. Рівень доступності послуг може залежати від таких факторів, як пропускна здатність мережі доступу (де зазвичай спостерігаються вузькі місця) і тип угоди про рівень обслуговування між власною мережею користувача та мережами різних провайдерів.

Сьогодні важливо враховувати, що смартфони зіграли важливу роль у популяризації мобільного доступу до Інтернету для мільйонів людей, що є тенденцією, що постійно зростає. З точки зору технологій, мобільність стала вимогою, тому телекомунікаційна галузь змушена продовжувати просувати та вдосконалювати такий бездротовий доступ протягом багатьох років; забезпечує надійність і швидкість передачі даних, які можна порівняти з дротовими з'єднаннями.

Користувачам може бути запропонована можливість використання більшої різноманітності технологій доступу, що забезпечує мобільність між дротовими точками загального доступу та бездротовими точками доступу різних технологій. Це означає, що мобільність не повинна переривати поточну програму або послугу, що використовується. Для цього необхідно досягти наступних цілей:

- Можливість використання різних технологій доступу з різних місць
- Безперебійний широкосмуговий зв'язок між дротовими та бездротовими мережами
- Безперервність при перетині кордонів існуючих мереж; це не повинно призводити до переривання програм або клієнтських послуг (належні угоди про роумінг)

Управління мобільністю включає здатність мобільних об'єктів (наприклад, користувачів, терміналів і локальних мереж) переходити з однієї мережі в іншу (маршрутні), або до NGN, або до звичайних мереж. Мережі NGN мають справу з двома типами мобільності, а саме персональною мобільністю та мобільністю терміналів (UIT-T Q.1706).

У NGN персональна мобільність існує щоразу, коли користувачі використовують механізми реєстрації, щоб асоціювати себе з терміналом, який також може бути асоційований (мережею) з користувачами. Якщо існують інтерфейси,

призначені для реєстрації користувачів між користувачами та терміналами, а також між користувачами та мережами, слід використовувати такі інтерфейси. Подібним чином у цій версії NGN дозволена мобільність як внутрішньомережових, так і міжмережових терміналів при використанні механізмів реєстрації для асоціації конкретного терміналу з мережею, маючи підтримку мобільності терміналів із безперервністю обслуговування. Традиційні концепції, пов'язані з NGN, розширюються шляхом включення сучасних досліджень і стандартів, а також шляхом сортування напрямків майбутніх досліджень відповідно до основних проблем таких мереж, а саме архітектури, управління та мобільності. Сучасна тенденція свідчить про те, що певні ключові аспекти ще належить вирішити, щоб визначити, хто є фактичним власником мережі NGN.

### **2.3. Управління та послуги**

В останні роки мережі NGN поступово замінили традиційні мережі (SDH, PDH) і до певної міри NGN стала міцною основою для передачі даних через IP/Ethernet; як наслідок, тип трафіку, який збирається в цих нових мережах, також приносить свої труднощі, такі як проблеми синхронізації на рівні даних, а також на рівні мережі. Щоб вирішити ці проблеми, необхідно вивчити нові методи вимірювання, призначені для частотно-часового розподілу за допомогою пакетів. Було розроблено нові методи для синхронізації годинника в пакетних мережах, а саме протокол мережевого часу (NTP) і протокол точного часу (PTP), які гарантують конвергенцію та мережевий сервіс.

NGN охоплює нові можливості та підтримує широкий спектр нових послуг, включаючи ті, які пропонують розширені та складні функції. Головна мета, яка є результатом ініціативи стороннього постачальника програм і послуг, полягає в розробці нових програм і можливостей, до яких можна отримати доступ за допомогою відкритих нормалізованих інтерфейсів. Ця ініціатива мотивована дедалі більшою потребою у співпраці між постачальниками послуг і мереж під час розробки нормалізованих мережових інтерфейсів додатків (ANI). Як результат, мережі NGN призначені для підтримки повторного використання програмного забезпечення та

портативності програмного забезпечення, а також використання комерційного програмного забезпечення, таким чином досягаючи прибуткового розвитку.

NGN також забезпечує необхідну потужність для встановлення, керування та завершення наскрізних сеансів обслуговування, призначених для покриття, наприклад, різних частин, набору кінцевих точок, пов'язаних із цими частинами, та опису мультимедійних з'єднань між кінцевими балів. Ці мережеві можливості доступні для середовищ фіксованої мережі, а також для мобільних мереж, щоб задовольнити вимоги до послуг і використовувати адекватні сервери додатків для належної роботи послуг.

NGN пропонує підтримку програм через Інтернет, що сприяє покращенню використання максимальної потужності пристроїв, а також характеристик мережі; це особливо підходить для веб-додатків. Можливості підтримки такого роду додатків дозволяють користувачам мати узгоджене веб-середовище, яке може охоплювати різні мережеві середовища (наприклад, локальні, офісні та/або мобільні), а також різні типи пристроїв (наприклад, портативні) мобільні телефони, персональні комп'ютери, планшети). У цьому сенсі успішно задовольняються різноманітні потреби, а саме сумісність дротових і бездротових мереж, безпечний доступ до програм, ефективно використання пропускної здатності тощо.

Якість є важливою концепцією в побудові NGN. Однак термін «якість» може мати різні значення. Наприклад, якість можна використовувати для позначення якості голосу під час телефонного дзвінка, або цей термін можна використовувати для розмови про якість зображення в службах доставки відео. Якість також може бути пов'язана з послугами зв'язку, коли описується ступінь (і проміжок часу), в якому комунікаційне обладнання працює без збоїв, а також посиляється на час відповіді на запит клієнта, коли клієнтам потрібна конкретна послуга або допомога в обслуговуванні від постачальників послуг.

Розглядаючи рис. 2.3, можна визначити чотири рівні/типи якості телекомунікаційних послуг. Параметри, які допомагають визначити кожен тип якості обслуговування, такі: IP-пакети, затримка передачі, передача IP-пакетів, варіація затримки та показники втрати IP-пакетів між UNI, NNI та деякими контрольними

точками SNI. Конкретна якість обслуговування між опорними точками забезпечується NGN з точки зору продуктивності мережі. Для конкретного NGN тип QoS, необхідний певній службі (наприклад, IP-телефонні дзвінки, потокове відео або передача даних), можна узгодити між мережею та відповідним терміналом/сервером.

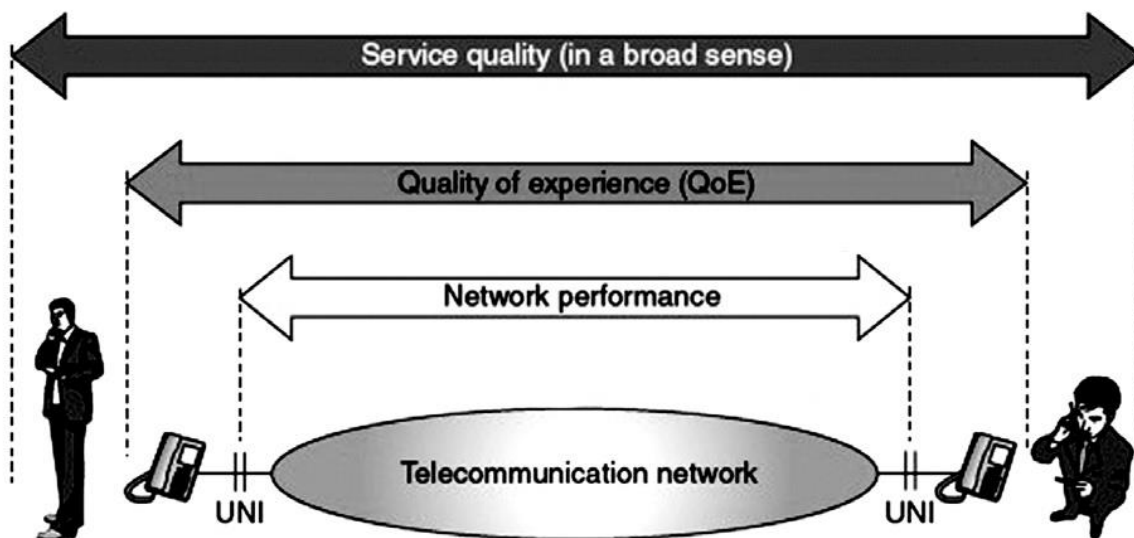


Рис. 2.3. Типи QoS в NGN

NGN підтримує наскрізний QoS через різні мережі, які використовують різні технології інфраструктури, пропоновані різними постачальниками послуг, щоб гарантувати певний рівень обслуговування, необхідний користувачам або програмам.

NGN приймають різні рівні QoS, які можуть узгоджуватися між користувачами та провайдерами та/або між провайдерами. Це включає в себе використання різних стратегій, таких як механізми контролю ресурсів і доступу до ресурсів, клас диференціації трафіку, управління пріоритетами, механізми сигналізації QoS, вимірювання управління якістю роботи, які гарантують якість, і контроль перевантаження (перевантаження) [6].

NGN включають можливості для ідентифікації користувачів, що дозволяє операторам мереж і постачальникам послуг ідентифікувати конкретних користувачів певних послуг NGN і таким чином використовувати таку інформацію для конкретних цілей (наприклад, процедури автентифікації та авторизації).

Мережі NGN пропонують користувачам додаткові можливості ідентифікації постачальників NGN (на кожному рівні), якщо існують прямі зв'язки. У цьому сенсі ці мережі підтримують функції автентифікації та авторизації на обох рівнях, а саме транспортному та сервісному. Для цілей автентифікації на транспортному рівні потрібно, щоб мережа ідентифікувала конкретного користувача до того, як користувач фактично отримає доступ до мережі та її функцій привілеїв. Єдина функція автентифікації може стати важливою під час спроби запобігти несанкціонованому використанню мереж, напр. щоб уникнути передачі даних у великих обсягах без запиту. Завдяки функції авторизації з'являється повноваження контролювати доступ до ресурсів мережі, що сприяє протидії порушенням доступу.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Використання мереж наступного покоління дозволить операторам економнішим способом надавати свої послуги. До того ж відбудеться і оптимізація інфраструктури самого оператора – апаратура стане більш компактною та зручною в обслуговуванні. У межах NGN мультимедійні послуги мають бути безпечними та доступними з будь-якої мережі за допомогою будь-якого типу настільного або мобільного терміналу; що можливо завдяки використанню єдиної транспортної мережі. Для досягнення цих цілей існує консенсус щодо використання IP-маршрутизаторів на основі MPLS для виконання процесів тегування, а також диференціації трафіку.

Мережі NGN поступово замінили традиційні мережі (SDH, PDH) і до певної міри NGN стала основою для передачі даних через Ethernet, тип трафіку, який збирається в цих нових мережах, також має такі проблеми як синхронізації на рівні даних, а також на рівні мережі. Для вирішення цих проблем, необхідне вивчення нових методи вимірювання, призначених для частотно-часового розподілу за допомогою пакетів.

NGN охоплює нові можливості та підтримує широкий спектр нових послуг, включаючи ті, які пропонують розширені та складні функції. Головна мета, яка є результатом ініціативи стороннього постачальника програм і послуг, полягає в розробці нових програм і можливостей, до яких можна отримати доступ за допомогою відкритих нормалізованих інтерфейсів.



## РОЗДІЛ 3

### МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА МІСТА

#### 3.1. Вибір технології реалізації мультисервісної мережі зв'язку

Вибір правильної технології для побудови мультисервісної мережі міста є критичним завданням, оскільки він визначає ефективність, продуктивність та масштабованість мережі. Існує кілька ключових аспектів, які слід враховувати при виборі технології:

1) Пропускна здатність: Одним з перших факторів, який слід враховувати, є потреба у високій пропускну здатності мережі. Мультисервісні мережі міста повинні мати достатню ширину каналу для передачі великих обсягів даних, відео, голосу та інших послуг. Технології, які пропонують високу швидкість передачі даних, такі як оптоволоконний кабель (fiber optic), Wi-Fi 6 або 5G, можуть бути відповідними варіантами.

2) Гнучкість та масштабованість: Вибрана технологія повинна бути гнучкою та здатною масштабуватися, щоб відповідати зростаючим потребам мережі. Вона повинна дозволяти додавати нові сервіси, збільшувати пропускну здатність та розширювати покриття мережі без значних перерв у функціонуванні. Технології, такі як Software-Defined Networking (SDN) та Network Function Virtualization (NFV), можуть забезпечити гнучкість та легкість масштабування.

Програмно-визначена мережа (SDN) — це підхід до створення мережі, який використовує програмні контролери або інтерфейси прикладного програмування (API) для зв'язку з основною апаратною інфраструктурою та спрямування трафіку в мережі [7].

Модель відрізняється від моделі традиційних мереж, які використовують спеціальні апаратні пристрої (тобто маршрутизатори та комутатори) для керування мережевим трафіком. SDN може створювати та контролювати віртуальну мережу — або керувати традиційним обладнанням — за допомогою програмного забезпечення.

У той час як віртуалізація мережі дозволяє організаціям сегментувати різні віртуальні мережі в одній фізичній мережі або з'єднувати пристрої в різних фізичних мережах для створення єдиної віртуальної мережі, програмно визначена мережа дозволяє новий спосіб контролювати маршрутизацію пакетів даних через централізований сервер.

SDN є суттєвим кроком вперед у порівнянні з традиційними мережами, оскільки він дає змогу:

Покращений контроль із більшою швидкістю та гнучкістю: замість того, щоб вручну програмувати кілька апаратних пристроїв певного постачальника, розробники можуть контролювати потік трафіку в мережі, просто запрограмувавши відкритий стандартний програмний контролер. Мережеві адміністратори також мають більшу гнучкість у виборі мережевого обладнання, оскільки вони можуть вибрати єдиний протокол для зв'язку з будь-якою кількістю апаратних пристроїв через центральний контролер.

Настроювана мережева інфраструктура: за допомогою програмно визначеної мережі адміністратори можуть налаштовувати мережеві служби та виділяти віртуальні ресурси для зміни мережевої інфраструктури в режимі реального часу в одному централізованому місці. Це дозволяє мережевим адміністраторам оптимізувати потік даних через мережу та визначати пріоритет додатків, які потребують більшої доступності.

Надійна безпека: програмно визначена мережа забезпечує видимість усієї мережі, надаючи більш цілісне уявлення про загрози безпеці. З поширенням розумних пристроїв, які підключаються до Інтернету, SDN пропонує явні переваги перед традиційними мережами. Оператори можуть створювати окремі зони для пристроїв, які потребують різних рівнів безпеки, або негайно поміщати зламані пристрої в карантин, щоб вони не могли заразити решту мережі.

Ключова відмінність між SDN і традиційною мережею полягає в інфраструктурі: SDN базується на програмному забезпеченні, тоді як традиційна мережа базується на апаратному забезпеченні. Оскільки площина керування базується на програмному забезпеченні, SDN є набагато гнучкішим, ніж традиційна

мережа. Це дозволяє адміністраторам контролювати мережу, змінювати параметри конфігурації, надавати ресурси та збільшувати пропускну здатність мережі — і все це з централізованого інтерфейсу користувача без необхідності додаткового обладнання.

Існують також відмінності в безпеці між SDN і традиційними мережами. Завдяки більшій видимості та можливості визначати безпечні шляхи, SDN пропонує кращу безпеку багатьма способами. Однак, оскільки програмно визначені мережі використовують централізований контролер, захист контролера має вирішальне значення для підтримки безпечної мережі.

Є три частини типової архітектури SDN, які можуть бути розташовані в різних фізичних місцях:

- Програми, які передають запити ресурсів або інформацію про мережу в цілому
- Контролери, які використовують інформацію з програм, щоб вирішити, як маршрутизувати пакет даних
- Мережеві пристрої, які отримують інформацію від контролера про те, куди перемістити дані

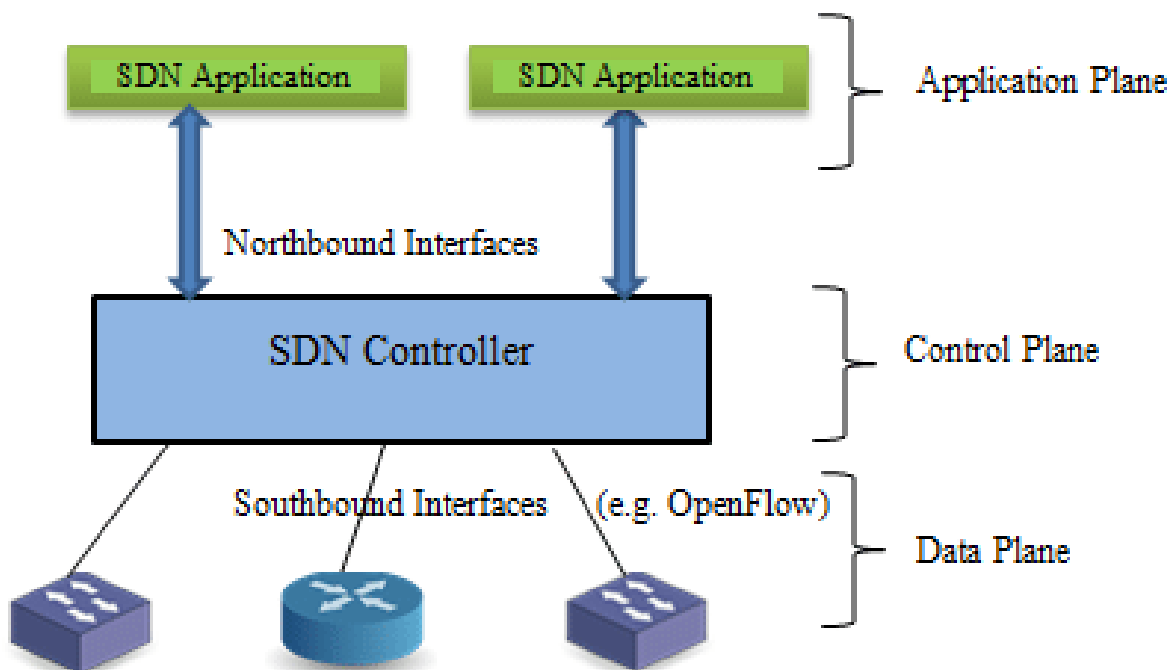


Рис. 3.1. Спрощена архітектура SDN

3) Надійність та безпека: Мережа міста повинна бути надійною та забезпечувати високий рівень безпеки. Технології, які мають вбудовані механізми резервування, маршрутизації з виявленням та виправленням помилок, шифрування та захист від кібератак, є бажаними. Також слід враховувати механізми контролю доступу та автентифікації для забезпечення приватності та конфіденційності даних.

4) Сумісність та інтеграція: Вибрана технологія повинна бути сумісною з існуючою інфраструктурою та іншими сервісами міста. Інтеграція з іншими системами, такими як громадський транспорт, енергетика, управління містом та інші, допоможе створити синергію та оптимізувати використання ресурсів. Технології, які підтримують відкриті стандарти та протоколи, сприяють легкій інтеграції та спільному використанню даних.

5) Вартість та ефективність: Вибір технології також повинен враховувати вартість розгортання та ефективність мережі. Варто оцінювати як загальні витрати на розробку та утримання мережі, так і перспективи зниження витрат у майбутньому.

Говорячи про бездротові технології організації зв'язку, не можна не відзначити основні їх переваги та недоліки. Відсутність необхідності побудови лінійно-кабельних споруд призводить до того, що бездротові мережі є дешевшими порівняно з провідними.

Однак використання повітряних ліній зв'язку призводить до низки недоліків. Першим недоліком є той факт, що якість передачі даних у бездротових мережах доступу суттєво залежить від погодних умов та впливу електромагнітних випромінювань. Іншим недоліком є те, що частотний ресурс обмежений, а це означає, що пропускна здатність каналу залежить від кількості користувачів. Ще одним важливим недоліком є незахищеність бездротового каналу зв'язку, що може спричинити втрату цінної інформації.

У кожного міста можуть бути свої особливості та вимоги, тому вибір технології повинен базуватися на аналізі потреб та обставин конкретного міста. Також не можна забувати про важливість проводити детальну оцінку різних аспектів технології, консультиватися з експертами та розглянути успішні приклади реалізації мультисервісних мереж у подібних містах.

### 3.2. Вибір обладнання для мультисервісної мережі зв'язку

Ефективне обладнання грає важливу роль у забезпеченні надійності, продуктивності та якості обслуговування мережі. При виборі обладнання слід враховувати кілька ключових аспектів:

Сумісність з технологічними стандартами: При побудові мультисервісної мережі міста важливо вибирати обладнання, яке відповідає сучасним технологічним стандартам. Наприклад, якщо ви плануєте використовувати мережу на основі протоколу IP, обладнання повинно підтримувати IPv4 або IPv6. Також слід розглядати підтримку стандартів бездротових мереж, якщо ви плануєте використовувати Wi-Fi або інші технології бездротового зв'язку.

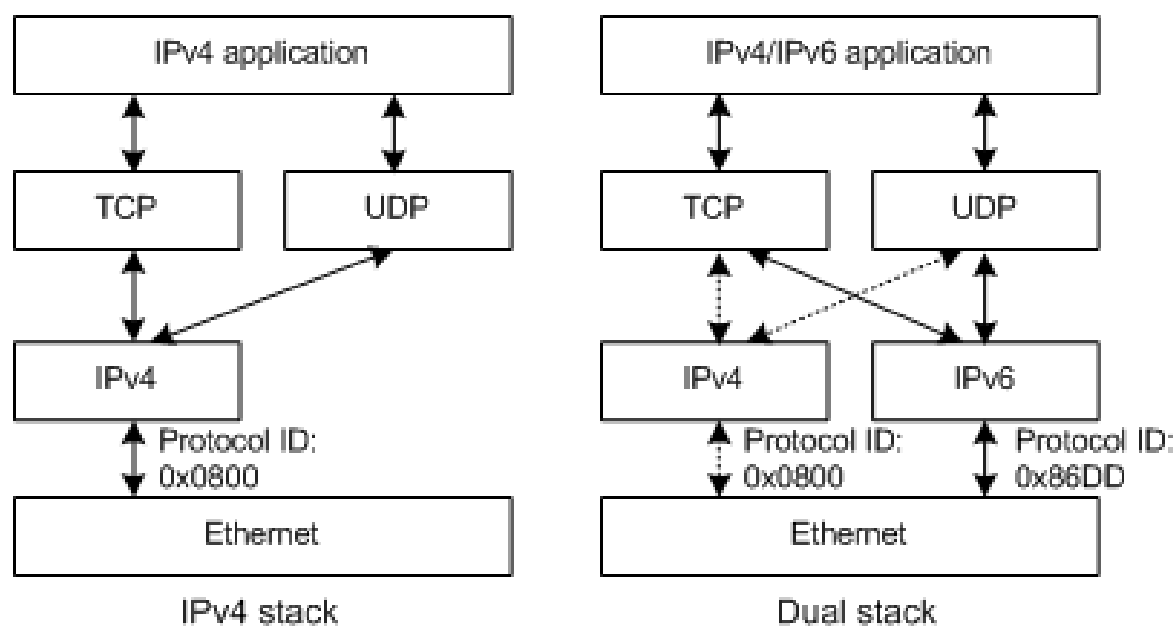


Рис. 3.2. Забезпечення підключення IPv6 “Подвійним стеком”

Інтернет-провайдери обрали метод переходу IP-адреси під назвою подвійний стек. Завдяки двостековому рішенню кожен мережевий пристрій, сервер, комутатор, маршрутизатор і брандмауер у мережі Інтернет-провайдера будуть налаштовані з можливостями підключення як IPv4, так і IPv6. Найважливіше те, що технологія подвійного стеку дозволяє провайдерам обробляти трафік даних IPv4 і IPv6 одночасно [8].

Масштабованість та гнучкість: Мультисервісна мережа міста має бути масштабованою, оскільки вона буде обслуговувати різні типи послуг та зростати з часом. Тому обладнання повинно мати можливість легко розширюватися та впроваджувати нові сервіси. Гнучкість обладнання також дозволить адаптуватися до змінних потреб мережі та швидко впроваджувати нові технології.

Типи мережевого обладнання:

Концентратори забезпечують центральне розташування для підключення проводів до робочих станцій. Буває двох типів: пасивний і активний.

Комутатори підключають пристрої до хост-комп'ютерів і дозволяють великій кількості цих пристроїв спільно використовувати обмежену кількість портів.

Маршрутизатори — це залежні від протоколу пристрої, які з'єднують підмережі або поділяють дуже велику мережу на менші підмережі.

Ретранслятори використовують регенерацію та повторне синхронізація, щоб забезпечити чітку передачу сигналів через усі сегменти мережі.

Мости використовуються для з'єднання локальних або віддалених мереж. Вони централізують адміністрування мережі.

Шлюзи можуть з'єднувати мережі з різними несумісними протоколами зв'язку.

Мультиплексори поєднують кілька входів сигналу в один вихід.

Трансивери з'єднують вузли та надсилають і приймають сигнали. Їх іноді називають блоками доступу до середовища (MAU).

Брандмауери захищають мережу від несанкціонованого доступу.

Також доступні інші мережеві пристрої, такі як бездротові точки доступу (WAP) і модульні платформи.

Продуктивність та пропускна здатність: Обладнання повинно мати достатню продуктивність та пропускну здатність для забезпечення потрібного рівня обслуговування та передачі даних. Враховуйте очікувану кількість користувачів, типи послуг та очікувану навантаженість мережі, щоб вибрати обладнання з відповідною продуктивністю та пропускну здатністю.

Надійність та резервування: Важливо враховувати надійність обладнання, особливо якщо мережа міста є критичною для комунікацій та інформаційних послуг. Обладнання повинно мати механізми резервування, які забезпечують продовження роботи мережі у разі відмови або пошкодження окремих компонентів.

Щоб точно оцінити продуктивність інфраструктури, мережеві адміністратори повинні разом дивитися на надійність і доступність мережі. IT-менеджери можуть відстежувати надійність і доступність окремого обладнання, наприклад маршрутизаторів і серверів. Але кращим показником реальної продуктивності є перевірка часу безвідмовної роботи з'єднання. Іншими словами, загальний час безперебійної роботи підключення поділено на загальний час обслуговування.

Організаціям також слід перевірити, наскільки ефективні та швидко реагують їхні IT-команди на збої, оцінивши середній час відновлення (MTTR). IT-команди можуть розрахувати MTTR, додавши загальний час, витрачений на ремонт протягом певного періоду часу, а потім розділивши цей період на кількість ремонтів.

$$\text{MTTR} = \text{Загальний час ремонту} \div \text{Загальна кількість ремонтів}$$

Мережеві менеджери можуть деталізувати та виокремити показники доступності та надійності для різних сегментів і шляхів у мережі, щоб виявити неефективність конфігурації та краще спланувати резервування між центрами обробки даних або іншими корпоративними ресурсами. Вони також можуть використовувати цю інформацію для визначення ресурсів, які потребують оновлення.

Два інші методи також можуть бути використані, щоб допомогти менеджерам зрозуміти реальні робочі умови. Перший, реактивний моніторинг, вимірює доступність і надійність виробничої мережі на постійній основі.

Другий, проактивний моніторинг, використовує синтетичний трафік, який надсилається через мережу. Його передача вимірюється інструментами продуктивності, які можна використовувати для усунення несправностей і визначення оптимальної продуктивності.

Тестовий трафік також генерується для діагностики помилок конфігурації та проблем з обладнанням. Дані, отримані в результаті проактивного моніторингу, також можна використовувати в інших сферах. Наприклад, перед розгортанням нової

програми ІТ-спеціалісти можуть протестувати її в мережі, щоб виявити будь-які потенційні проблеми, щоб можна було внести зміни в код або інші коригування до розгортання.

Нарешті, проактивний моніторинг можна використовувати для перевірки реактивних даних. Ця інформація може бути корисною для підтримки показників SLA та визначення того, де слід внести зміни для кращого досягнення операційних цілей. ІТ-спеціалісти також можуть використовувати ці дані для планування заходів відновлення після відмови.

Менеджмент та моніторинг: Вибираючи обладнання, слід звернути увагу на можливості менеджменту та моніторингу. Інструменти управління та моніторингу допоможуть ефективно керувати та підтримувати мережу, виявляти проблеми та швидко реагувати на них.

Zabbix – надзвичайно легковажний додаток моніторингу, здатний керувати тисячами елементів даних у конфігурації з єдиним сервером. Однак для моніторингу тисяч хостів в мережі зі складною топологією або розкиданих географічно і пов'язаних лініями з повільним або нестійким зв'язком конфігурації з єдиним сервером може виявитися недостатньо. Крім того, необхідність переходу від монолітної конфігурації до розподіленої не завжди обумовлена недостатньою продуктивністю і тому не завжди зводиться до вибору між придбанням безлічі слабких комп'ютерів або одного великого.

На практиці часто зустрічаються мережі з сегментами, в яких діють суворі правила забезпечення безпеки, що не допускають двосторонніх взаємодій між довільними вузлами і, відповідно, не допускають можливості взаємодії сервера Zabbix з усіма агентами в таких сегментах. Різним підрозділам однієї компанії або різним компаніям в одній групі може знадобитися певна незалежність в управлінні їх мережами. Різні дослідницькі лабораторії можуть не мати надійного підключення до мережі. У таких випадках потрібно організувати накопичення контрольованих параметрів та їх передачу в асинхронному режимі для подальшої обробки. Незважаючи на те що використання агентів Zabbix цілком можна було б вважати



однією з форм розподіленого моніторингу, в цьому розділі ми зосередимося на підтримці моніторингу із застосуванням проксі-серверів.

Вартість та підтримка: необхідно враховувати вартість обладнання та доступність підтримки від виробника. Планування бюджету та вибір обладнання, яке відповідає вашим фінансовим можливостям, а також має надійну та якісну технічну підтримку.

Уважний вибір обладнання для побудови мультисервісної мережі міста є ключовим фактором успіху проекту. Ретельне вивчення можливостей та вимог мережі, порівняння різних варіантів обладнання та консультація з експертами допоможуть зробити обґрунтований вибір, що забезпечить ефективну та надійну мультисервісну мережу міста.

### **3.3. Багатосервісне рішення для мережі міста**

Загальні переваги IP MAN стають все більш очевидними з розвитком мережевих технологій, особливо після досягнення зрілості технології MPLS VPN. Очікується, що попередні послуги MAN будуть перенесені в IP MAN, такі як загальнодоступні онлайн-послуги від самого IP MAN, послуга VPN групових користувачів, голосові та відеопослуги з вищими вимогами до мережі QoS.

- Деякі мережі в рамках MAN побудовані відповідно до послуг, серед яких IP MAN є домінуючим.
- На даному етапі IP MAN переважно надає публічні послуги онлайн-доступу, але поступово буде надавати й інші послуги.
- Численні комутатори Ethernet використовуються в IP MAN, щоб забезпечити величезну кількість дешевої смуги пропускання.
- MPLS VPN було впроваджено в IP MAN у невеликому масштабі.
- Зі стрімким розвитком мережі на сучасному етапі існують різноманітні режими та точки доступу в MAN.

Експлуатація нинішнього MAN стикається з безліччю труднощів. По-перше, у MAN співіснує велика кількість мереж із різноманітними та наполовину згорнутими

технологіями, тоді як більшість старого обладнання призводить до складного обслуговування та високих витрат. По-друге, в рамках MAN одні й ті ж послуги іноді надаються різними мережами. Наприклад, послуги групових користувачів надаються як у мережі DDN, так і в IP MAN. Наразі вирішення цієї проблеми не існує. По-третє, IP MAN зазнав швидкого розвитку, і в нього було вкладено значні інвестиції, але зараз він все ще приймає онлайн-сервіси як свою основну місію, водночас має низький середній дохід на користувача (ARPU). По-четверте, ранній IP MAN в основному використовується для публічного перегляду Інтернету, що не вимагає гарантованого QoS для зв'язку «точка-точка» та високого рівня безпеки передачі даних. У той час, коли очікується, що більше послуг буде передано через IP MAN, і більше послуг вимагають гарантованого QoS і високого рівня безпеки, існуюча IP MAN із надлишковою пропускну здатністю та труднощами в розробці нових послуг стикається великі виклики.

З вищезазначених причин оператори прагнуть надавати всі послуги в одній мережі. Кілька мереж співіснують в рамках існуючої MAN, з яких IP MAN є найкращим вибором. Тим не менш, IP MAN також має деякі проблеми в обробці цих послуг, які можна пояснити так:

1) Якщо існуючий IP MAN вийшов з ладу, в якому комутація рівня 2 і маршрутизація рівня 3 змішані. Таким чином, він не може відповідати вимогам надання гарантованих послуг QoS.

2) IP MAN в основному реалізує архітектуру комутації L3. З єдиним режимом доступу, поганою можливістю доступу та без загального планування точок доступу до послуг цей тип доступу навряд чи можливо підтримувати

3) Прикордонний маршрутизатор постачальника (PE) — це мережа, яка не може скористатися перевагами технології MPLS VPN. Мережа рівня 2 завелика, обмежена ресурсами ідентифікатора віртуальної локальної мережі (VLAN), що ускладнює пошук несправностей мережі.

4) Це спричиняє серйозні втрати оптичних волокон і ресурсів передачі. Щоб залучити більше групових користувачів, IP MAN в основному використовує режим прямого оптоволоконного підключення. Користувачі безпосередньо підключаються

до PE. У деяких випадках майже половина волокон у MAN використовується лише для підключення групових користувачів, що справді є великим тягарем для операторів.

5) Обладнання IP MAN має диференційовані можливості. Більшість IP MAN не в змозі розгорнути гарантовані послуги QoS або багатоадресні служби по всій мережі.

Підсумовуючи, після швидкого розвитку IP MAN було створено з використанням різних технологій. Незважаючи на те, що він задовольнив попит кількості користувачів, які зараз переглядають Інтернет, він діє лише як мережа доступу до Інтернету. З безладними архітектурами, єдиним режимом доступу та неуніфікованими технічними системами нинішній IP MAN навряд чи задовольнить нові вимоги, викликані подвійним збільшенням кількості користувачів і вимогами до пропускну здатності, а також подальшим розгортанням послуг операторського рівня. За таких обставин запропоновано тривимірне рішення IP MAN, що містить нові ідеї щодо архітектури, режиму доступу та технічної системи MAN.

Тривимірне рішення IP MAN означає, що фізична мережа може передавати кілька послуг і відповідати вимогам до послуг для відповідних мережевих функцій і продуктивності. З іншого боку, IP MAN може надавати телекомунікаційні послуги, такі як Softswitch Voice over IP (VoIP), 3G та IPTV.

Перший вимір відноситься до рівня мережі. Як відомо, MAN має три рівні: базовий рівень, рівень конвергенції та рівень доступу. В IP MAN усі ці рівні інтегровані в домен MPLS, щоб сформувати мережу MPLS із «повним покриттям, повними послугами». Тому, маючи бачення всієї мережі, типи послуг, режими доступу, функції обладнання та можливості на різних рівнях можуть бути правильно обрані та добре сплановані. Основною ідеєю мережевого рівня є реалізація «мережі з повним покриттям і повним набором послуг».

Другий вимір – це обслуговування. На цьому рівні кілька послуг, розподілених на різних логічних площинах, передаються в одному MAN. Ці служби можна ранжувати відповідно до їхніх вимог до QoS (від низького до високого). Тоді QoS можна досягти у всій мережі. Подібним чином можна розробити стратегію безпеки всієї мережі. Основною ідеєю рівня обслуговування є налаштування логічних

мереж. Логічні мережі, що перекриваються, створюють суцільну мережу, в якій різні служби можуть бути класифіковані та ізольовані за допомогою логічних мереж.

Третій вимір – це технології. Це основа тривимірної IP MAN. Для реалізації конвергенції мереж слід застосувати оновлені технології. У поточному IP MAN деякі технології не можна використовувати для всієї мережі. Однак у тривимірному IP MAN такі технології, як технологія MPLS VPN, повинні підтримувати всю мережу.

Тривимірна IP MAN — це мережа «повного покриття, повних послуг», у якій комутація L2 і маршрутизація L3 чітко розділені. Тоді існуюча MAN буде розділена на мережу доступу L2 і L3 MAN, таким чином досягаючи уніфікованого QoS і реалізуючи стратегію безпеки.

Тривимірна IP MAN — це згладжена мережа, яка вимагає менше вузлів та ієрархій для реалізації стратегії "мережі повного покриття та повного обслуговування". Це також означає вищі вимоги до щільності портів та потужність перемикачів. Сплощена мережа підтримується лише великою комутаційною здатністю та портами високої щільності.

Тривимірний IP MAN претендує на чітко визначені та специфічні функції мережевого обладнання. Щоб задовольнити цей попит, доступ до служби повинен бути реалізований на межі мережі, і потрібні спеціалізовані маршрутизатори доступу. Крім того, сервер широкосмугового віддаленого доступу (BRAS) повинен бути розгорнутий на межовому рівні доступу. Обладнання на різних рівнях має подібні, але певні функції, що значно відрізняються від поточного MAN, де обладнання має мати інтегровані та повні функції.

У цьому підрозділі описано використання багатосервісного рішення IP MAN. IP MAN складається з трьох рівнів: основного рівня, рівня керування послугами та рівня доступу. NE40E зазвичай розгортається як ядро або вузол агрегації на IP MAN. NE40E в основному розгортається як ядро, вузол агрегації або вузол керування послугами на IP MAN.

Основний рівень відповідає за високу продуктивність і пересилання даних великої ємності. Це вимагає простої структури мережі, а також безпечної та надійної передачі кількох послуг. Технологія IP/MPLS розгортається на базовому рівні, що

дозволяє фізичній мережі реалізувати декілька логічних каналів обслуговування через технологію MPLS VPN.

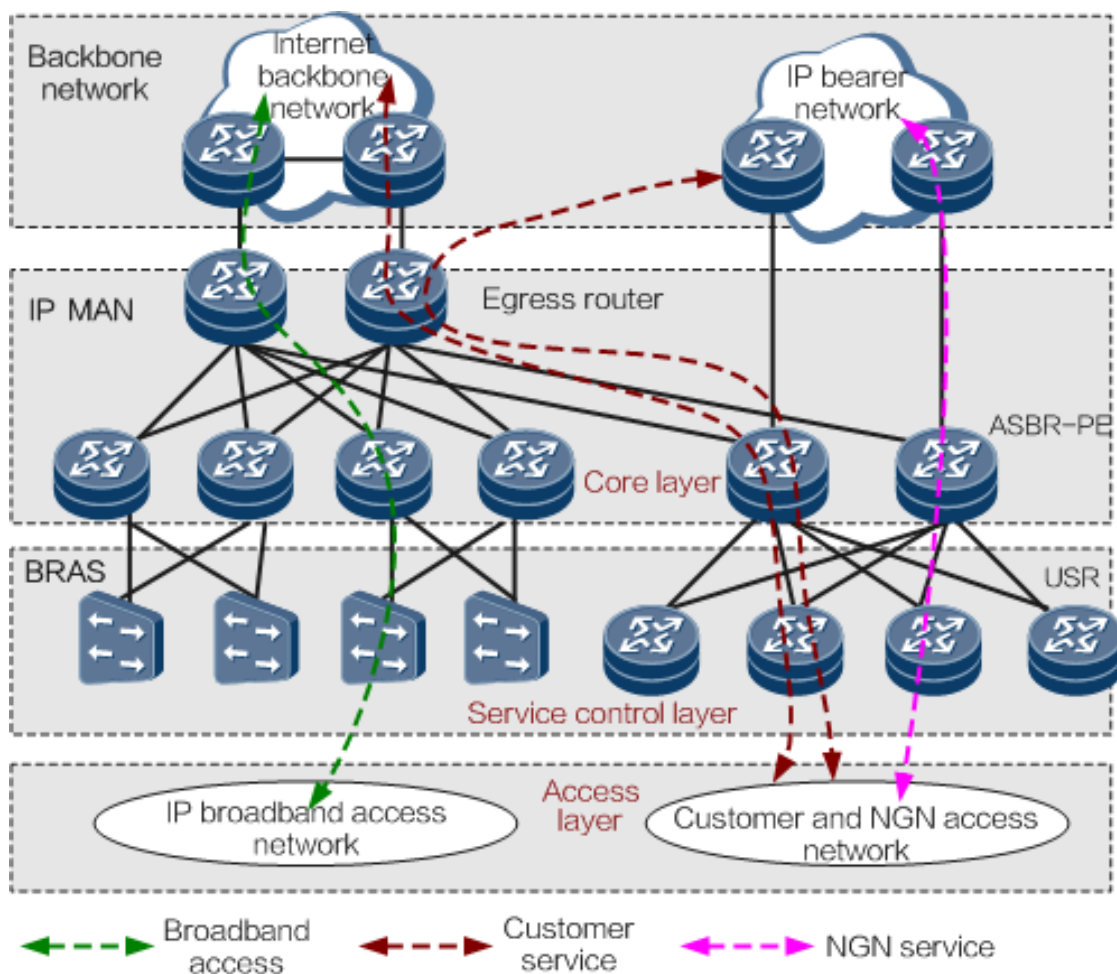


Рис. 3.3. Мультисервісне рішення для мережі міста

Щоб забезпечити надійність мережі, базовий рівень використовує багато методів надійності, наприклад надійність на рівні пристрою, надійність на рівні мережі та надійність між AS. Пристрої базового рівня мають велику ємність, інтерфейси високої щільності та високу продуктивність пересилання, що відповідає вимогам базового рівня.

NE40E забезпечує наступні функції для задоволення вимог базового рівня IP MAN:

NE40E має потужну комутаційну здатність. Пропускна здатність інтерфейсу однієї системи досягає 640 Гбіт/с. NE40E забезпечує інтерфейси 100GE на швидкості лінії та інтерфейси GE високої щільності.

NE40E надає потужні можливості маршрутизації та різноманітні протоколи маршрутизації. NE40E підтримує IP/MPLS і надає кілька рішень VPN, таких як BGP/MPLS L3VPN і MPLS L2VPN. Таким чином, кілька служб переносяться через логічну площину каналу базової мережі, і можна реалізувати ізоляцію та безпеку послуг.

NE40E підтримує безшовний MPLS. Безперервний MPLS – це метод каналу зв'язку, який розширює методи MPLS для мереж доступу. Безшовний MPLS встановлює E2E LSP на рівнях доступу, агрегації та базовому рівні. Усі послуги можуть бути інкапсульовані за допомогою MPLS на рівні доступу та передані по E2E LSP через три рівні. Безперервний MPLS спрощує надання мережі, її роботу та обслуговування.

NE40E підтримує міжсистемні VPN, варіант A/B/C. Це гарантує надійність обслуговування між AS.

NE40E забезпечує надійність операторського класу, наприклад резервування ключових модулів і виправлення під час експлуатації. Крім того, NE40E забезпечує різні методи FRR, такі як IP FRR, LDP FRR і TE FRR.

Рівень керування послугами підтримує керування доступом користувачів, контроль безпеки та контроль послуг і забезпечує платформу для роботи телекомунікаційних послуг для реалізації керування та контролю на рівні користувача.

NE40E підтримує доступ користувача IPoE/PPPoE/L2TP і інтегрує функції традиційного BRAS, такі як автентифікація користувача, контроль викликів, контроль політики, гарантія QoS і гарантія безпеки для різних служб. Таким чином задовольняються вимоги рівня керування послугами та долається слабкість звичайних маршрутизаторів і брандмауерів, які не можуть відповідати вимогам операторського класу, що значно знижує експлуатаційні витрати.

Головною проблемою IP-мережі є те, чи зможе існуюча мережа впоратися із викликом збільшення кількості клієнтів і різноманітних послуг, особливо нових послуг, таких як IPTV, VoIP на основі Softswitch, 3G тощо.

До появи MAN IP-мережа позначала лише локальну мережу (LAN) і глобальну мережу (WAN). Мережа WAN була обмежена ресурсами передачі того дня, таким чином, використовувалися маршрутизатори. Локальну мережу було побудовано на базі Ethernet, в якій основним обладнанням був комутатор. Ethernet відрізняється простотою, низькою ціною та високою масштабованістю. Ці переваги локальної мережі викликали її вторгнення в зону глобальної мережі. У зоні вторгнення застосовуються як технології локальної мережі, так і режими керування глобальною мережею, що породжує MAN на основі IP.

Ранній MAN обслуговував публічні онлайн-послуги. Взагалі кажучи, до і після появи IP WAN існувала мережа групових користувачів для надання VIP-клієнтам каналу обміну даними, який виконував поточні послуги Virtue Private Network (VPN) через MAN. Мережа групових користувачів, що використовує технології DDN/FR/ATM, виросла незалежно від IP MAN. Нещодавно з появою та зрілістю Multiple Protocol Label Switching (MPLS) цю нову технологію було розгорнуто для побудови групових користувачів VPN у деяких випадках. На початковому етапі IP MAN існувала маса надлишкової пропускної здатності, яка пізніше використовувалася в багатьох місцях для надання послуг VPN для VIP-клієнтів.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У результаті виконання третього розділу досліджено, що міські системи, інтелектуальні транспортні системи, відеоспостереження та наземне мобільне радіо, часто розгортаються зі спеціально побудованими мережами зворотного зв'язку. Однак багато з цих старих мереж наближаються до кінця життя, і є можливість переходу до сучасної мультисервісної мережі, яка може працювати з усіма програмами з оптимальною мережевою ефективністю. Розгортання іншої міської мережі часто не таке дороге, як здається, оскільки оптоволоконна інфраструктура вже може бути встановлена, особливо вздовж головних доріг або в центральних ділових районах. Таким чином, можна уникнути великих витрат (і незручностей для громадян) на перекопування вулиць.

Додавання нового мультисервісного мережевого обладнання — це все, що потрібно для оновлення цих старих транспортних мереж до сучасних, критично важливих мультисервісних мереж. У неоптоволоконних областях мікрохвильові технології можуть використовуватися як транспортне середовище мультисервісної мережі. Крім того, з появою нового спектру (наприклад, CBRS у США та 2,6 ГГц у Франції), приватний бездротовий зв'язок із LTE або 5G став дуже привабливим варіантом, і багато місцевих органів влади серйозно оцінюють варіант приватного бездротового зв'язку. Підходить лише для підключення малопотужних датчиків IoT для нових «розумних» програм, його також можна використовувати для розширення мультисервісної мережі. Підсумовуючи, існує багато способів розгорнути мультисервісну мережу для безперебійного покриття міста.



## ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи були проаналізовані основні аспекти, пов'язані з мультисервісною мережею міста, включаючи її визначення, цілі та основні складові. Були розглянуті такі ключові елементи, як інфраструктура мережі, розширені можливості зв'язку, управління ресурсами, безпека та проблеми масштабування.

У результаті дослідження встановлено, що мультисервісна мережа міста є важливим інструментом для забезпечення зручності та ефективності управління містом. Вона дозволяє об'єднати різні сервіси, такі як транспорт, енергетика, охорона здоров'я, інтернет та багато інших, в єдину інтегровану мережу.

Для успішної реалізації мультисервісної мережі міста необхідно враховувати різноманітні аспекти, такі як стандартизація, вибір відповідних технологій, безпека даних та приватність, а також взаємодія зі сторонніми постачальниками сервісів.

Мультисервісні мережі можна будувати на базі різних технологій, як на платформі IP (IP VPN), так і на основі виділених каналів зв'язку. На магістральному рівні найпопулярнішими сьогодні є технології IP/MPLS, Packet over SONET/SDH, POS, ATM, xGE, DWDM, CWDM, RPR. Більшість магістральних мультисервісних мереж сьогодні будується на основі технологій POS, DWDM, які набули помітного поширення, а також IP/MPLS, які вважаються особливо перспективними при значній широті охоплення і великій кількості споживачів.

Використання мереж наступного покоління дозволить операторам економнішим способом надавати свої послуги. До того ж відбудеться і оптимізація інфраструктури самого оператора – апаратура стане більш компактною та зручною в обслуговуванні. У межах NGN мультимедійні послуги мають бути безпечними та доступними з будь-якої мережі за допомогою будь-якого типу настільного або мобільного терміналу; що можливо завдяки використанню єдиної транспортної мережі. Для досягнення цих цілей існує консенсус щодо використання IP-маршрутизаторів на основі MPLS для виконання процесів тегування, а також диференціації трафіку.

На відміну від інших мережевих протоколів, які маршрутизують трафік на основі адрес джерела та призначення, MPLS маршрутизує трафік на основі заздалегідь визначених «міток». Підприємства використовують MPLS для підключення віддалених філій, яким потрібен доступ до даних або додатків, які знаходяться в центрі обробки даних або в штаб-квартирі компанії.

Переваги MPLS полягають у масштабованості, продуктивності, кращому використанні пропускної здатності, зменшеному перевантаженні мережі та кращому досвіді кінцевого користувача.

Застосування мультисервісної мережі міста може принести значні переваги, такі як поліпшення якості життя мешканців, збільшення ефективності міських служб, зниження витрат на управління і підтримку міста. Крім того, вона створює основу для розвитку "розумного міста" та інноваційних технологій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. H. Khyavi and M. Rahimi, "Conceptual Model for Security in Next Generation Network," 2016 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), Crans-Montana, Switzerland, 2020, pp.
2. NGN Architectures, Protocols and Services, First Edition. Toni Janevski. by John Wiley & Sons, Ltd, 2019, 337 pp.
3. MPLS Network [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fiber-optical-networking.com/mpls-network-work.html>.
4. F. R. Yu, "From Information Networking to Intelligence Networking: Motivations Scenarios and Challenges", IEEE Network, vol. 35, no. 6, pp. 209-16, Nov./Dec. 2021.
5. M. Jiang, Y. Luo, D. Zhang, F. Effenberger, J. Jin and N. Ansari, "Enabling Next-Generation Industrial Networks with Industrial PON," in IEEE Communications Magazine, vol. 61, no. 4, 2021, pp. 129-135.
6. S. Kaczmarek and M. Sac, "Quality Parameters in IMS/NGN Networks," 2019 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, 2019, pp. 1-6.
7. Paul Goransson, Chuck Black, Timothy Culver, "Software Defined Networks", Morgan Kaufmann is an imprint of Elsevier, 2019, 438 pp.
8. Pickard John L. and Patrick Annie Y. 2015 Workshop: IPv6 address planning IEEE Southeastcon. Fort Lauderdale 1-2